

SDR 플랫폼을 활용한 5G NR 시스템을 위한 수신 신호 품질 측정

고영빈, 김형석, 설권, 김정창
한국해양대학교

go990518@g.kmou.ac.kr, hskim19@g.kmou.ac.kr, kwon96@g.kmou.ac.kr, jchkim@kmou.ac.kr

Received Signal Quality Measurement for 5G NR System Using SDR Platform

Youngbin Go, Hyeongseok Kim, Kwon Seol, Jeongchang Kim
Korea Maritime and Ocean University (KMOU)

요 약

본 논문은 5G NR (fifth generation new radio) 시스템에서 SDR (software defined radio) 플랫폼 (platform) 중 하나인 USRP (universal software radio peripheral)를 활용하여 수신 신호 품질을 측정하였다. 수신 신호 측정의 지표로는 RSSI (received signal strength indicator), RSRP (reference signal received power), RSRQ (reference signal received quality)가 있으며, RSRQ를 측정해 수신 신호 품질을 측정한다. 본 논문에서는 참조 신호인 SSS (secondary synchronization signal)를 사용하였고 전산 실험을 통해 수신 신호 품질을 측정하였다.

I. 서 론

5G NR (fifth generation new radio)과 같은 셀룰러 시스템에서 하나의 기지국은 해당 커버리지 내에 위치한 단말들과 통신을 수행한다. 일반적으로 사용하는 중심 주파수가 높을수록 기지국으로부터 거리에 따라 수신 신호의 전력 손실은 더욱 커지므로 신호의 도달 가능한 거리는 짧아지고 이에 따라 셀 커버리지는 줄어든다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 기지국과 단말 사이에 중계기를 설치하여 신호의 전송 가능 거리를 늘리거나, 좁은 커버리지의 cell을 촘촘히 배치하는 스몰 셀 (small cell)이라는 기술이 사용될 수 있다[1]. 한편 단말에서는 수신 신호 품질을 측정함으로써 기지국으로부터의 거리를 추정하거나 현재 채널 상태를 모니터링하는 등 다양한 목적으로 활용할 수 있다. 본 논문에서는 5G NR 시스템에서 단말이 수신 신호 품질을 측정하는 과정을 USRP (universal software radio peripheral) 장비를 통해 시뮬레이션하고 전산 실험을 통해 수신 신호 품질을 확인한다.

II. 수신 신호 품질 측정방법

5G NR 시스템에서 수신 신호 측정의 지표는 RSSI (received signal strength indicator), RSRP (reference signals received power), RSRQ (reference signal received quality)가 있다. RSSI는 수신 신호 강도를 나타내는 지표이며 0dBm에서 -110dBm의 값으로 표현된다[2]. 5G NR에서 송신 신호 프레임은 다수의 OFDM (orthogonal frequency division multiplexing) 심볼로 구성되며, OFDM 심볼은 시간-주파수 격자에 자원 요소 (resource element)라 불리는 부반송파가 포함된 구조를 가진다. RSSI는 SMTTC(synchronization signal physical broadcast channel block measurement time

configuration)라고 하는 기간 동안 관찰한 자원 요소들의 전력을 활용하여 계산되며 수식 (1)과 같이 나타낼 수 있다[2].

$$RSSI = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^n (x_i)^2 \quad (1)$$

수식 (1)에서 n 과 x_i 는 각각 SMTTC 기간 동안 관찰한 부반송파 개수와 i 번째 부반송파를 뜻한다.

RSRP는 참조 신호 수신 전력을 나타내는 지표로서 SS-RSRP (synchronization signal RSRP)와 CSI-RSRP (channel state information RSRP)가 있으며, -31dBm에서 -156dBm의 값으로 표현된다[2]. SS-RSRP는 5G NR에서 신호 동기를 검출하기 위한 SSS (secondary synchronization signal)와 참조 신호인 PBCH (physical broadcast channel) DM-RS (demodulation reference signal)의 전력으로 계산된다. CSI-RSRP의 경우 채널 상태 정보를 알려주는 참조 신호인 CSI-RS (channel state information-reference signal)의 전력으로 계산된다. 본 논문에서는 두 방법 중 SS-RSRP를 사용하여 수신 전력을 측정한다.

SS-RSRP는 5G NR 신호의 SS/PBCH 중 SSS와 PBCH DM-RS를 사용한다. SS/PBCH는 해당 OFDM 심볼 내에서 240개의 부반송파에 맵핑되어 있다. SS-RSRP는 240개의 부반송파 중 참조 신호에 대해서만 평균 전력을 계산함으로써 얻어진다.

본 논문에서는 SSS만을 고려하며, RSRP의 계산은 수식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$RSRP = 10 \log_{10} \frac{1}{127} \sum_{j=1}^{127} (x_j)^2 \quad (2)$$

수식 (2)에서 $RSRP$ 는 SS- $RSRP$ 를 뜻하고, 127 은 SSS 의 부반송파 개수이며 x_j 는 SSS 의 j 번째 부반송파를 의미한다.

$RSRQ$ 는 수신 참조 신호의 품질을 나타내며 20dB 에서 -43dB 의 값으로 표현된다[2]. $RSRQ$ 는 $RSSI$ 와 $RSRP$ 를 통해 계산되며 수식 (3)과 같다[3].

$$RSRQ = 10 \log_{10} N + (RSRP - RSSI) \quad (3)$$

수식 (3)에서 N 은 $RSSI$ 에서 관측한 대역폭에서 자원 블록 (resource block)의 개수를 의미하며, 5G NR 에서 자원 블록은 12 개의 부반송파를 포함하고 있다. 본 논문에서는 SSS 가 맵핑 (mapping)된 OFDM 심볼 하나의 대역폭내에서 $RSSI$ 를 측정하였기 때문에 관찰한 624 개의 부반송파에 해당하는 자원 블록의 개수인 52 로 N 값을 설정했다.

III. 시스템 구성

본 논문에서는 5G NR 시스템에서 수신 신호 품질 측정을 위해 그림 1 과 같이 실험 환경을 구성하였으며, LabVIEW 와 MATLAB 프로그램을 이용하여 송수신 시뮬레이터를 설계하였다. 수신 신호 품질 측정을 위해 NI 사의 USRP 장비를 사용하였고 사양은 표 1 과 같다.

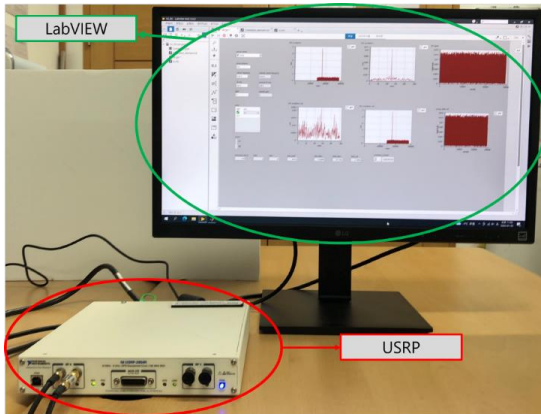


그림 1. 실험에 사용한 USRP 와 LabVIEW

표 1. USRP 2954 Specification

Parameter	Value
Number of Channels	TX:2 / RX:2
Frequency Range	10MHz to 6GHz
Gain Range	0dB to 31.5dB
Maximum Bandwidth	160MHz
Sample Rate	200MS/s
DAC Resolution	16-bit
FPGA	Kintex-7 410T

IV. 전산 실험 결과

본 논문에서 전산 실험은 USRP 의 송수신단을 루프백 (loopback)으로 연결하여 진행하였다. 수신 신호 품질 측정을 위해 5G NR 규격의 신호를 MATLAB 에서 생성하였고 시스템 파라미터는 표 2 와 같다.

표 2. 시스템 파라미터

Parameter	Value
Bandwidth	10 MHz
Subcarrier Spacing	15 kHz
Center Frequency	3.5 GHz
Modulation Order	QPSK
FFT Size	1024

송신 신호의 전력은 OFDM 심볼 당 파워를 1 로 정규화 하여 0 dBm 으로 맞춰 주었고, 루프백으로 송수신단을 연결하여 내부 가산 백색 가우시안 잡음 (additive white Gaussian noise) 외 채널의 영향은 없다고 가정하였다. 그림 2 는 수신단에서 측정한 $RSSI$, $RSRP$, $RSRQ$ 의 값을 나타낸다.

RSSI_dBm	RSRP_dBm	RSRQ_dB
-14.0274	-44.175	-12.9877

그림 2. 수신 신호 품질 측정 결과

V. 결론

본 논문에서는 5G NR 시스템에서 수신 신호 품질을 측정할 수 있는 장치를 SDR 플랫폼 중 하나인 USRP를 활용하여 구현하였고 실험을 통해 $RSSI$, $RSRP$, $RSRQ$ 를 측정하여 결과를 확인하였다. 향후 보다 실제 환경에서 수신 신호 품질 측정을 할 수 있도록 개선 및 실험을 진행할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 과제는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3 단계 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] David Lopez-Perez, Ming Ding, Holger Claussen, and Amir H. Jafari, "Towards 1Gbps/UE in Cellular Systems: Understanding Ultra Dense Small Cell Deployments", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 4, June. 2015.
- [2] NR; Requirements for support of radio management, *ETSI*, Rep. TS 38.133 V15.3.0, Oct. 2018.
- [3] He Xian, Wu Muqing, Miao Jiansong, Zhang Cunyi, "The impact of channel environment on the $RSRP$ and $RSRQ$ measurement of handover performance," in *Proc. IEEE International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC)*, China, Sep. 2011, pp. 540-543.